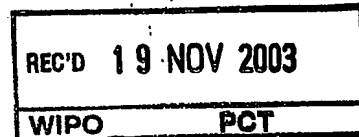


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 42 234.6

Anmeldetag: 12. September 2002

Anmelder/Inhaber: DaimlerChrysler AG,
Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Bestimmung einer Abgasrückführ-
menge für einen Verbrennungsmotor mit Abgas-
rückführung

IPC: F 02 D 21/08

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 18. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wellner

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

DaimlerChrysler AG

Dr. Fischer

10.09.2002

Verfahren zur Bestimmung einer Abgasrückführmenge für einen
Verbrennungsmotor mit Abgasrückführung

5 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung
einer Abgasrückführmenge für einen Verbrennungsmotor mit Ab-
gasrückführung. Solche Verbrennungsmotoren sind beispielswei-
se als Antriebsmotoren für Kraftfahrzeuge in Gebrauch. Die
Abgasrückführung hat bekanntermaßen Vorteile hinsichtlich
10 Kraftstoffverbrauch und Abgasemissionen. Der Begriff „Menge“
wird vorliegend der Einfachheit halber umfassend zur Bezeich-
nung einer mengenindikativen physikalischen Größe gebraucht,
wie z.B. für die Masse oder die Mengen- oder Massenrate an
rückgeführtem Abgas bzw. in den Verbrennungsmotor eingespei-
tem Gasgemisch.

15 Die in den oder die Brennräume eines Verbrennungsmotors ein-
gespeiste Frischgasmenge kann beispielsweise über einen Heiß-
film-Luftmassenmesser (HFM) in einem zugehörigen Saugrohr
bzw. Ansaugtrakt gemessen werden. Die Abgasrückführmenge kann
20 auf diese Weise nicht bestimmt werden und ist daher ohne wei-
tere Maßnahmen höchstens für einen ganz bestimmten Ausle-
gungszustand, z.B. einen Normzustand des Motors, indirekt
festgelegt und bekannt. Für andere Motorbetriebszustände und
insbesondere bei sich ändernder Temperatur und sich änderndem
25 Luftdruck der Umgebung, welcher das Frischgas bzw. die
Frischlufte für den Motor entnommen wird, sollte eine gegen-
über dem Auslegungszustand bzw. dem Normzustand veränderte
Abgasrückführrate eingestellt werden, um z.B. Emissionsgrenz-
werte genau einhalten zu können. Daher ist es wünschenswert,

zu jedem Zeitpunkt die Abgasrückführrate genau zu kennen um diese auf einen geeigneten Wert einregeln zu können.

5 In der Offenlegungsschrift DE 199 34 508 A1 ist ein Verfahren zur Abgasrückführsteuerung beschrieben, bei dem eine Sollabgasrückführmenge auf der Basis von Motorlast, Motordrehmoment und Luftdruck erfaßt wird, eine Istabgasrückführmenge sowie die Öffnungs- und die Schließbewegung einer Drosselklappe sensorisch erfaßt werden und ein Abgasrückführsteuerventil in
10 Abhängigkeit von der Differenz zwischen Ist- und Sollabgasrückführmenge und einem Drosselklappenöffnungssignal sowie einem Drosselklappenschließsignal und dem jeweils zugehörigen Luftdruck betätigt wird. Die sensorische Erfassung der Abgasrückführmenge erfolgt durch Differenzdruckmessung an einer
15 Drosselöffnung, die in einer zugehörigen Abgasrückführleitung vorgesehen ist.

Der Erfindung liegt als Aufgabe die Bereitstellung eines Verfahrens der eingangs genannten Art zugrunde, durch das sich
20 mit geringem Aufwand die Abgasrückführmenge, insbesondere auch bei verschiedenen Betriebszuständen, präzise und zuverlässig bestimmen läßt.

25 Die Erfindung löst diese Aufgabe durch die Bereitstellung eines Verfahrens zur Bestimmung der Abgasrückführmenge mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Bei diesem Verfahren wird die Abgasrückführmenge aus einer Abgastemperatur, aus einer Frischgastemperatur, aus einer Frischgasmenge und/oder einem Luftaufwand ermittelt. Die Frischgastemperatur wird durch ein
30 Frischgastemperaturmodell bestimmt, welches im laufenden Motorbetrieb adaptiv an frischgastemperaturrelevante Einflussparameter angepasst wird. Der Luftaufwand ist ein Maß für die dem Motor zugeführte gasförmige Frischladung. Er ist definiert als das Verhältnis aus der gesamten dem Motor zugeführten Gasmenge je Arbeitsspiel zur theoretischen Ladung bzw.
35 Füllung je Arbeitsspiel, d.h. zur theoretischen Frischladung beim Füllen des geometrischen Hubraumes mit Luft bzw. Gemisch

vom Umgebungszustand bei nicht aufgeladenem Motor bzw. vom Zustand hinter einem eventuell vorgesehen Verdichter bzw. Ladeluftkühler bei einem Verbrennungsmotor mit Aufladung. Für den Betrieb mit Abgasrückführung ist der Luftaufwand definiert als das Verhältnis von gesamter zugeführter Gasgemischmenge je Arbeitsspiel zur Gasgemischmenge beim Füllen des geometrischen Hubraums des Verbrennungsmotors mit Gasgemisch vom Zustand nach Zumischung durch die Abgasrückführung. Der Luftaufwand wird auch als Schluckvermögen bezeichnet.

Bevorzugterweise werden die Abgastemperatur, eine Temperatur des rückgeführten Abgases, auch Abgasrückführtemperatur genannt, und der Luftaufwand ebenfalls mittels entsprechender Modelle ermittelt. Die Modelle sind an Einflussparameter anpassbar, die relevant für die jeweiligen Größen sind. Die Modelle bzw. Gesamtmodelle umfassen bevorzugterweise jeweils ein Basismodell, ein Korrekturmodell und/oder einen Filterblock. Mit dem Basismodell wird ein Basiswert für die Ausgangsgröße bzw. für einen Teil der Ausgangsgröße des entsprechenden Gesamtmodells bestimmt. Dieser Basiswert wird ggf. durch eine Ausgangsgröße des Korrekturmodells korrigiert, wenn bestimmte, für die Ausgangsgröße des Gesamtmodells relevante Eingangsgrößen von vordefinierten Referenzwerten bzw. Referenzzuständen abweichen. Wird von einem Korrekturmodell gesprochen, so handelt es sich tatsächlich um eine Gruppe von Korrekturmodellen mit einem Korrekturmodell je Eingangsgröße. Für die Ermittlung der Abweichungen findet eine Überwachung der Eingangsgrößen, vorzugsweise durch eine Messung und anschließendem Vergleich mit den Referenzwerten, statt. Bei den Basis- bzw. Korrekturmodellen handelt es sich vorzugsweise um Kennfelder bzw. Kennlinien, es kann sich jedoch auch um lineare und/oder nicht lineare mathematische bzw. physikalische Simulationsmodelle, welche auf Differenzialgleichungen bzw. Differenzengleichungen basieren, handeln. Bei den Basis- bzw. Korrekturmodellen kann es sich ebenfalls um neuronale Netze handeln.

Jedes der Gesamtmodelle weist vorzugsweise zusätzlich einen Filterblock auf. Bei den Filterblöcken handelt es sich vorzugsweise um Verzögerungsglieder erster Ordnung, sog. PT1-Glieder. Es können jedoch auch andere, vorzugsweise dynamische, Filter eingesetzt werden, wie beispielsweise Verzögerungsglieder höherer Ordnung oder Verzögerungsglieder in Kombination mit Laufzeitgliedern. Durch die Filterung wird einer Eingangsgröße eines Filterblocks ein dynamisches Verhalten aufgeprägt, durch welches eine (berechnete) Ausgangsgröße des Filterblocks dem realen Verhalten des gemessenen Pendants der Ausgangsgröße näher kommt. Derartige gefilterte bzw. durch Filterung ermittelte Größen können leichter von einer Regelung bzw. Steuerung eingestellt bzw. eingeregelt werden. Dies ist insbesondere bei der Abgasrückführrate der Fall. Die Einregelung erfolgt schneller und weist weniger Überschwinger auf, was zu einer geringeren Bauteilbelastung und zu kontinuierlicheren Emissionen führt. Emissionsspitzen werden vermieden. Die Filterung der Größen wird auch Dynamikkorrektur bezeichnet.

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich vorteilhafterweise in einem Steuergerät beispielsweise in einem in einem Kraftfahrzeug üblicherweise vorhandenen Motor- und/oder Fahrzeugsteuergerät, integrieren. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann unter stationären, instationären sowie unter unterschiedlichen Betriebs- bzw. Umgebungsbedingungen die aktuelle Abgasrückführmenge bzw. die Abgasrückführrate mit hoher Genauigkeit berechnet werden.

Die Basis- und Korrekturmodelle werden vorzugsweise vor Markteinführung des Verbrennungsmotors, beispielsweise im Versuch oder auf einem Prüfstand, ermittelt und in einem Speicher eines üblicherweise vorgesehenen Steuergeräts hinterlegt. Vorzugsweise werden die Basismodelle und die Korrekturmodelle nur typbezogen und nicht für jeden einzelnen Verbrennungsmotor auf diese Weise vorab ermittelt und dann

auf den einzelnen Verbrennungsmotor während dessen Betrieb adaptiert.

Die erfindungsgemäße Bestimmung der Abgasrückführmenge benötigt keinerlei Sensorik zur Messung der Abgasrückführmenge. Auch ohne Abgasrückführmengensensorik kann die Menge an rückgeführten Abgas präzise und zuverlässig ermittelt werden. Es erfolgt hierzu eine Anpassung der verwendeten Modelle mittels bestimmter Korrekturmodelle, so dass sich das erfindungsgemäße Verfahren an während der Gebrauchsdauer des Verbrennungsmotors ergebende Veränderungen, wie beispielsweise beliebige, von einem Basiszustand abweichende Betriebszustände (z.B. instationäre Vorgänge, veränderte Umgebungsbedingungen), automatisch anpaßt.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und den anhand der Zeichnung nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen. Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Verbrennungsmotors mit einem Ansaugtrakt und einem Abgastrakt,

Fig. 2 ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung der Abgasrückführrate,

Fig. 3 ein Blockschaltbild eines Gesamtmodells zur Bestimmung einer Frischgastemperatur,

Fig. 4 ein Blockschaltbild eines Gesamtmodells zur Bestimmung einer Abgastemperatur,

Fig. 5 ein Blockschaltbild eines Gesamtmodells zur Bestimmung einer Temperatur des rückgeführten Abgases und

Fig. 6 ein Blockschaltbild eines Gesamtmodells zur Bestimmung eines Luftaufwands.

Gleiche Bezugszeichen bzw. Bezeichnungen kennzeichnen gleiche funktionelle Komponenten bzw. Größen. Der Einfachheit halber werden bestimmte Eingangsgrößen bestimmter Funktionsblöcke, wie beispielsweise Summationsstellen, Filterblöcke, Modelle, mit u bezeichnet. Ebenso werden bestimmte Ausgangsgrößen bestimmter Funktionsblöcke mit y bezeichnet. Die Eingangsgrößen und Ausgangsgrößen weisen als Index die Bezugszeichen der entsprechenden Funktionsblöcke auf. Handelt es sich bei den Eingangsgrößen um Referenzwerte bzw. Referenzzustände, auch als Initialwerte bzw. Initialzustände bezeichnet, so weisen diese Eingangsgrößen als zusätzlichen Index eine Ziffer 0 auf. Steht eine Eingangs- bzw. eine Ausgangsgröße für eine Gruppe von Eingangs- bzw. Ausgangsgrößen, so erhält diese Eingangs- bzw. Ausgangsgröße als zusätzlichen Index den Buchstaben i. Bei den Eingangs- bzw. Ausgangsgrößen kann es sich selbstverständlich auch um Zustandsgrößen bzw. Zustände handeln. Ist ein Funktionsblock als Rechteck mit mehreren hintereinanderliegenden Rechtecken dargestellt, so handelt es sich um die Darstellung eines Modells, das mehrere einzelne Modelle umfasst.

Fig. 1 zeigt beispielhaft ein System, bei dem das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung einer Abgasrückführmenge eingesetzt werden kann. Dem Verbrennungsmotor 1 mit einer Antriebswelle 2 sind ein Saugrohr bzw. ein Ansaugtrakt 4 für Frischgas bzw. Frischluft und ein Abgastrakt 5 zugeordnet. Im Ansaugtrakt 4 und im Abgastrakt 5 ist ein Turbolader 3 angeordnet, wobei ein nicht näher bezeichneter Verdichter des Abgasturboladers 3 im Ansaugtrakt 4 und eine nicht näher bezeichnete Abgasturbine des Turboladers 3 im Abgastrakt 5 angeordnet sind. Zwischen Verbrennungsmotor 1 und Abgasturbolader 3 ist eine Abgasrückführung 8 vorgesehen, welche den Abgastrakt 5 mit dem Ansaugtrakt 4 verbindet. Stromab des Turboladers 3 und stromauf der nicht näher gekennzeichneten Verbindungsstelle mit der Rückführung 8 ist im Ansaugtrakt 4 vorzugsweise ein Ladeluftkühler 7 vorgesehen. Er dient zur

Kühlung der Frischluft. In der Rückführung 8 sind vorzugsweise ein weiterer Kühler 9 und ein Abgasrückführventil 10 angeordnet, wobei das Abgasrückführventil bevorzugterweise stromab des Ladeluftkühlers 9 angeordnet ist.

5

Dem Verbrennungsmotor wird über eine nicht dargestellte Zuführung eine Kraftstoffmenge $m_{\text{Kraftstoff}}$ zugeführt. Des weiteren wird dem Verbrennungsmotor 1 über den Ansaugtrakt 4 eine Frischgasmenge m_{Luft} zugeführt. Diese Frischgasmenge m_{Luft} wird
10 über einen Sensor 6, beispielsweise einen Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM), gemessen. Über den Abgastrakt 5 wird eine Abgasmenge m_{Abgas} vorzugsweise in eine üblicherweise vorgesehene Abgasanlage geleitet. Die Frischgasmenge wird an einer nicht näher bezeichneten Messstelle mit einer über die
15 Rückführung 8 zurückgeführten Menge an Abgas vermischt und als Gasgemischmenge m_{Gem} dem Verbrennungsmotor 1 zugeführt.

Temperatur T_{Luft1} und Druck des Frischgases werden vorzugsweise an einer Messstelle 11 im Ansaugtrakt 4 ermittelt, welche
20 sich bevorzugterweise stromab des Ladeluftkühlers 7 und stromauf der nicht näher bezeichneten Verbindungsstelle mit der Rückführung 8 befindet. Die Ermittlung der Temperatur T_{Luft1} und des Druck erfolgt vorzugsweise durch entsprechende Sensoren bzw. Messgeräte. Für das erfindungsgemäße Verfahren
25 relevant sind weiterhin eine Frischgastemperatur T_{Luft2} an einer Stelle im Ansaugtrakt 4, welche unmittelbar vor der nicht näher bezeichneten Mischstelle, also beispielsweise an einer Stelle 12 liegt, eine Abgastemperatur, welche beispielsweise der Temperatur des Abgases nach Verlassen des Verbrennungsmotors an einer Stelle 13 im Abgastrakt 5 entspricht, und eine
30 Temperatur des rückgeführten Abgases, welche der Temperatur des rückgeführten Abgases vorzugsweise unmittelbar vor der Zumischung in den Ansaugtrakt 4 entspricht. Es wird im folgenden näher erläutert, wie die Abgastemperatur und die Temperatur T_{Luft2} ermittelt werden.
35

Die Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung einer Abgasrückführmenge bzw. einer Abgasrückführtrate r_{AGR} . In einem Funktionsblock 14 wird aus einer Temperatur eines rückgeführten Abgases T_{AGR} , im weiteren auch als Abgasrückführtemperatur bezeichnet, einer Frischgas- bzw. Ladelufttemperatur unmittelbar vor Zumischung des zugeführten Abgases T_{Luft2} , einem Luftaufwand η und weiteren, insbesondere abgasrückführmengen- bzw. -ratenrelevanten Eingangsgrößen u_{141} , insbesondere der über den Sensor 6 ermittelten Frischluftmenge m_{Luft} , eine Abgasrückführmenge bzw. eine Abgasrückführtrate r_{AGR} unter Verwendung einer Massebilanzgleichung, einer Luftaufwandsgleichung, welche auf der idealen Gasgleichung basiert, und einer Mischungsgleichung, welche auf einer Energiebilanzgleichung basiert, bestimmt werden. Des weiteren können durch besagte Größen und Gleichungen eine Mischtemperatur nach Zumischung des rückgeführten Abgases im Saugrohr 4 und die gesamte vom Verbrennungsmotor angesaugte Zylindermasse bzw. Gasgemischmenge m_{Gem} ermittelt werden. Die Abgasrückführmenge m_{AGR} wird ermittelt, indem von der gesamten Gasgemischmenge m_{Gem} der Frischgasanteil m_{Luft} abgezogen wird.

Die Frischgastemperatur unmittelbar vor Zumischung des rückgeführten Abgases T_{Luft2} wird mittels eines Frischgastemperaturmodells 15 aus der Frischgastemperatur T_{Luft1} an der Messstelle 11 (siehe Fig. 1) und weiteren frischgastemperaturrelevanten Eingangsgrößen u_{151} berechnet. Die Abgasrückführtemperatur T_{AGR} wird mittels eines Abgasrückführmodells 17 aus abgasrückführtemperaturrelevanten Eingangsgrößen u_{171} und der Abgastemperatur T_{Abgas} ermittelt, welche wiederum mittels eines Abgastemperaturmodells 16 aus abgastemperaturrelevanten Eingangsgrößen u_{161} bestimmt wird. Der Luftaufwand η wird mittels eines Luftaufwandsmodells 18 aus luftaufwandrelevanten Eingangsgrößen u_{181} ermittelt. Die Modelle 15-18 werden in den Figuren 3-6 im einzelnen erläutert.

Die Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild des Gesamtmodells zur Bestimmung der Frischgastemperatur T_{Luft2} bzw. des Frischgas-

temperaturmodells 15. Bei dem Frischgastemperaturmodell 15 wird aus der Frischgastemperatur T_{Luft1} an der Messstelle 11 der Fig. 1, dem Frischgasmassenstrom dm_{Luft}/dt und weiteren frischgastemperaturrelevanten Eingangsgrößen $u_{15.3i}$ eine Frischgastemperatur unmittelbar vor Zumischung des rückgeführten Abgases T_{Luft2} ermittelt. Die Eingangsgrößen u_{15i} des Funktionsblocks 15 der Fig. 2 umfassen den Frischgasmassenstrom dm_{Luft}/dt und die Eingangsgrößen $u_{15.3i}$. Das Modell 15 beschreibt eine Erwärmung bzw. Abkühlung der angesaugten Frischluft bzw. des angesaugten Frischgases von der Temperatur T_{Luft1} an der Messstelle 11 bis zu einer Stelle 12 unmittelbar vor Zumischung des rückgeführten Abgases im Ansaugtrakt 4. Aufgrund der Bauteiltemperaturen, insbesondere der Temperatur des Verbrennungsmotors, kann sich eine signifikante Erwärmung oder in gewissen Situationen auch eine Abkühlung einstellen, welche bei der Ermittlung der Abgasrückführrate berücksichtigt werden muß. Da der Massenanteil der Frischluft bzw. des Frischgases an der gesamten Gasgemischmenge groß ist im Vergleich zum rückgeführten Abgas, ist eine genaue Kenntnis der Temperatur des Frischgases unmittelbar vor Zumischung des rückgeführten Abgases wünschenswert. Eine ungenaue Temperatur des Frischgases würde zu einer starken Verfälschung der im Funktionsblock 14 der Fig. 2 berechneten Abgasrückführrate führen. Das Frischgastemperaturmodell 15 beschreibt also die Phänomenologie eines Aufheizvorgangs bzw. eines Abkühlvorgangs.

In einem Basismodell 15.1 wird aus der Frischgastemperatur T_{Luft1} und dem Frischluftmassenstrom dm_{Luft}/dt eine Basistemperaturveränderung $y_{15.1}$ bei einem Referenz- bzw. Initialzustand ermittelt. Bei dem Basismodell 15.1 handelt es sich vorzugsweise um ein Kennfeld. In einem Korrekturmodell 15.3 wird aus dem Frischgasmassenstrom dm_{Luft}/dt und weiteren Eingangsgrößen $u_{15.3i}$ eine Korrekturgröße $y_{15.3i}$ für die Basistemperaturveränderung $y_{15.3i}$ ermittelt. Hierbei wird die Abweichung der Eingangsgrößen $u_{15.3i}$ von diesen zugeordneten, vordefinierten Referenzeingangsgrößen bzw. Referenzzuständen $u_{15.3i0}$ berücksich-

tigt. Diese Abweichung ist vorzugsweise definiert als die Differenz zwischen den Eingangsgrößen $u_{15.3i}$ und den diesen zugeordneten Referenzeingangsgrößen $u_{15.3i0}$. Die Abweichung kann aber auch als Quotient aus den Eingangsgrößen $u_{15.3i}$ und den Referenzeingangsgrößen $u_{15.3i0}$ definiert sein. Die Referenzeingangsgrößen $u_{15.3i0}$ können in einem Feld 15.4 hinterlegt sein, bei dem es sich vorzugsweise um einen Speicherbereich eines Steuergeräts handelt.

Bei den Eingangsgrößen $u_{15.3i}$ und den diesen zugeordneten Referenzzuständen $u_{15.3i0}$ handelt es sich vorzugsweise um eine Kühlwassertemperatur des Verbrennungsmotors und/oder um eine Umgebungstemperatur. Bei dem Korrekturmodell 15.3 handelt es sich vorzugsweise um eine Gruppe von Modellen je Eingangsgröße $u_{15.3i}$. Ebenso handelt es sich bei dem Korrekturwert $y_{15.3i}$ um einen Vektor bzw. eine Gruppe von Korrekturwerten, nämlich um einen Korrekturwert $y_{15.3i}$ je Eingangsgröße $u_{15.3i}$.

Zu der Basistemperaturänderung $y_{15.4}$ werden an einer Verknüpfungsstelle 15.2 der Korrekturwert bzw. die Korrekturwerte $y_{15.3i}$ addiert. Anstelle einer Summation kann an dem Verknüpfungspunkt 15.2 auch eine Multiplikation stattfinden. Den Ausgang des Verknüpfungspunktes 15.2 bildet eine nicht näher bezeichnete nun korrigierte Temperaturveränderung, welche einem Filter 15.5, bei dem es sich vorzugsweise um ein Verzögerungsglied erster Ordnung handelt, zugeführt wird. Mittels des Filters 15.5 wird aus der statischen Eingangsgröße eine dynamische Ausgangsgröße $y_{15.5}$ gebildet. Es erfolgt also eine Dynamikkorrektur. Durch die Filterung erhält die Temperaturänderung vorzugsweise einen fließenderen und somit realistischeren Verlauf. Die gefilterte und korrigierte Temperaturveränderung $y_{15.5}$ wird an einer Verknüpfungsstelle 15.6 zur Frischgastemperatur T_{Luft1} unter Bildung der Frischgastemperatur unmittelbar vor Zumischung des rückgeführten Abgases T_{Luft2} addiert. Anstelle einer Summation kann an dem Verknüpfungspunkt 15.6 auch eine Multiplikation erfolgen.

Die Fig. 4 zeigt ein Blockschaltbild des Gesamtmodells zur Bestimmung der Abgastemperatur T_{Abgas} bzw. des Abgastemperaturmodells 16. Bei dem Abgastemperaturmodell 16 wird aus einer Kraftstoffmenge $m_{\text{Kraftstoff}}$, aus einer Drehzahl n des Verbrennungsmotors und aus weiteren abgastemperaturrelevanten Eingangsgrößen $u_{16.3i}$ eine Abgastemperatur T_{Abgas} ermittelt. In einem Basismodell 16.1 wird aus der Kraftstoffmenge $m_{\text{Kraftstoff}}$ und der Drehzahl n eine, vorzugsweise statische, Basistemperatur $y_{16.1}$ ermittelt. Die Eingangsgrößen $u_{16.3i}$, die Drehzahl n und die Kraftstoffmenge $m_{\text{Kraftstoff}}$ werden von den Eingangsgrößen $u_{16.i}$ des Funktionsblocks 16 in der Fig. 2 umfaßt. In einem Korrekturmodell 16.3 wird aus den Eingangsgrößen $u_{16.3i}$ ein Korrekturwert $y_{16.3i}$ für die vorzugsweise statische Abgastemperatur $y_{16.1}$ ermittelt. Hierzu wird in dem Korrekturmodell eine Abweichung der Eingangsgrößen $u_{16.3i}$ von vordefinierten, diesen zugeordneten Referenzeingangsgrößen bzw. Initialeingangsgrößen $u_{16.3i0}$ berücksichtigt. Diese Abweichung ist vorzugsweise definiert als die Differenz von Eingangsgrößen $u_{16.3i}$ und Referenzeingangsgrößen $u_{16.3i0}$. Sie kann jedoch auch als Quotient von Eingangsgrößen $u_{16.3i}$ und Referenzeingangsgrößen $u_{16.3i0}$ definiert sein. Die Referenzeingangsgrößen $u_{16.3i0}$ werden in einem Basisreferenzgrößenkennfeld 16.4 ermittelt, welchem als Eingangsgrößen vorzugsweise die Drehzahl n und die Kraftstoffmenge $m_{\text{Kraftstoff}}$ zugeführt werden.

Bei den Eingangsgrößen $u_{16.3i}$ kann es sich um mehrere Eingangsgrößen handeln. Die Eingangsgrößen $u_{16.3i}$ umfassen vorzugsweise eine Kühlwassertemperatur des Verbrennungsmotors, einen Druck bzw. einen Ladedruck im Ansaugtrakt 4 (beispielsweise an der Messstelle 11 der Fig. 1), einen Ansteuerbeginn der Einspritzung, ggf. eine Nacheinspritzung, ggf. einen Abgasgegendruck, welcher insbesondere bei einer Verwendung eines Partikelfilters im Abgastrakt 5 stark variiert, einen sog. Raildruck, eine Temperatur des Gasgemisches, welche das Gasgemisch im Ansaugtrakt nach Zuführung des rückgeführten Abgases und vor Eintritt in den Verbrennungsmotor aufgewiesen hat, bzw. eine Mischtemperatur aus einem vorhergegangenen,

vorzugsweise dem letzten, Rechenschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens, und die Abgasrückführrate aus einem vorhergegangenen, vorzugsweise dem letzten, Rechnungsschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens. Unter dem Raildruck wird der Druck verstanden, welcher bei Dieselmotoren mit Common-Rail-Einrichtung, auf der gemeinsamen Zufuhrleitung für den Kraftstoff zu den einzelnen Zylindern des Verbrennungsmotors herrscht. Bis auf die Mischtemperatur und die Abgasrückführrate liegen die übrigen Eingangsgrößen $u_{16.31}$ vorzugsweise als Messwerte vor.

Das erfindungsgemäße Verfahren läuft kontinuierlich ab. Das heisst, bei Betrieb des Verbrennungsmotors wird der Istwert für die Abgasrückführrate durch wiederholten Ablauf bzw. Aufruf des erfindungsgemäßen Verfahrens erneut bestimmt und auf diese Weise aktualisiert. Die in dem Block 14 der Fig. 2 berechnete Mischtemperatur und Abgasrückführrate des vorzugsweise letzten Rechenschritts bzw. des letzten Aufrufs des erfindungsgemäßen Verfahrens bilden bevorzugterweise Eingangsgrößen $u_{16.31}$ des Korrekturmodells 16.3.

Das Korrekturmodell 16.3 umfaßt für jede der Eingangsgrößen $u_{16.31}$ ein entsprechendes Modell, vorzugsweise ein Kennfeld. Ebenso wird mittels des Korrekturmodells 16.3, somit bestehend aus einer Gruppe von Modellen, für jede der Eingangsgrößen $u_{16.31}$ eine Korrekturgröße $y_{16.31}$ ermittelt. Bei der Korrekturgröße $y_{16.31}$ handelt es sich also um eine Gruppe bzw. einen Vektor von Korrekturgrößen, welche an dem Verknüpfungspunkt 16.2 zu der vorzugsweise statischen Basisabgastemperatur $y_{16.1}$ unter Bildung einer korrigierten, vorzugsweise statischen Abgastemperatur $y_{16.2}$ addiert werden. Anstelle einer Summation kann, wenn vorteilhaft, an dem Verknüpfungspunkt 16.2 auch eine Multiplikation stattfinden. An dem Verknüpfungspunkt 16.2 findet demnach eine Korrektur des vorzugsweise statischen Abgastemperaturwertes $y_{16.1}$ statt, wenn der aktuelle Betriebszustand, gegeben durch die Eingangsgrößen $u_{16.31}$, von

einem Referenzzustand, gegeben durch die Referenzeingangsgrößen $u_{16.310}$, abweicht.

Die korrigierte, vorzugsweise statische Abgastemperatur $y_{16.2}$ wird in dem Funktionsblock 16.5 unter Bildung einer aktuellen dynamischen Abgastemperatur T_{Abgas} gefiltert. In dem Funktionsblock 16.5 erfolgt eine Dynamikkorrektur des vorzugsweise statischen Wertes $y_{16.2}$. Da üblicherweise ein Wärmeaustausch des Abgases mit einem typischerweise in einem Kraftfahrzeug vorgesehenen Abgaskrümmern stattfindet, weicht die reale Abgastemperatur von einer statisch ermittelten Abgastemperatur $y_{16.2}$ ab. Durch die Filterung in dem Funktionsblock 16.5 kann eine Annäherung der errechneten Abgastemperatur an die reale Abgastemperatur geschaffen werden.

Die Fig. 5 stellt als Blockschaltbild ein Gesamtmodell 17 zur Ermittlung der Temperatur des rückgeführten Abgases dar, welches auch als Abgasrückführmodell bezeichnet wird. Das Modell entspricht in seiner Struktur dem Frischgastemperaturmodell 15. Bei dem Abgasrückführmodell 17 wird aus einer Abgastemperatur T_{Abgas} , welche die Ausgangsgröße des Funktionsblocks 16 (näher erläutert in der Fig. 4) darstellt, aus einem Massenstrom des rückgeführten Abgases dm_{AGR}/dt , auch kurz Abgasrückführmassenstrom genannt, und aus weiteren für die Temperatur des rückgeführten Abgases relevanten Eingangsgrößen $u_{17.31}$ die Abgasrückführtemperatur bzw. die Temperatur des rückgeführten Abgases T_{AGR} ermittelt. Die Eingangsgrößen $u_{17.1}$ des Funktionsblockes 17 der Fig. 2 umfassen den Abgasrückführmassenstrom dm_{AGR}/dt und die Eingangsgrößen $u_{17.31}$. Das Abgasrückführmodell 17 stellt ein Gesamtmodell für die Abkühlung des rückgeführten Abgases durch den Kühler 9 der Rückführung 8 (siehe Fig. 1) dar und umfasst ein Abgasrückführkühlermodell.

In einem Basismodell 17.1 wird aus der Abgastemperatur T_{Abgas} und dem Abgasrückführmassenstrom dm_{AGR}/dt eine Basisabkühlung $y_{17.1}$ berechnet. Diese Basisabkühlung entspricht einer Basisabkühlung bei einem Referenzzustand $u_{17.310}$. In einem Korrek-

- turmodell 17.3 wird aus dem Abgasrückführmassenstrom \dot{m}_{AGR}/dt und den Eingangsgrößen $u_{17.3i}$ eine Korrekturgröße $y_{17.3i}$ für die Abkühlung $y_{17.1}$ ermittelt. Hierbei wird mittels des Korrekturmodells 17.3 eine Abweichung der Eingangsgrößen $u_{17.3i}$ von Referenz- bzw. Initialeingangsgrößen $u_{17.3i0}$ berücksichtigt. Diese Abweichung ist vorzugsweise als Differenz zwischen den Eingangsgrößen $u_{17.3i}$ und den Referenzeingangsgrößen $u_{17.3i0}$ definiert. Alternativ kann sie auch als Quotient aus den Eingangsgrößen $u_{17.3i}$ und den Referenzeingangsgrößen $u_{17.3i0}$ definiert sein. Die Referenzeingangsgrößen $u_{17.3i0}$ sind vorab bestimmt und vorzugsweise in einem Feld 17.4 hinterlegt, welches wiederum bevorzugterweise in einem Speicherbereich eines Steuergeräts hinterlegt ist.
- 15 Die Eingangsgrößen $u_{17.3i}$ sind vorzugsweise eine Kühlwassertemperatur des Verbrennungsmotors und/oder eine Umgebungstemperatur. Je Eingangsgröße $u_{17.3i}$ weist das Korrekturmodell 17.3 ein eigenes Modell auf. Bei dem Korrekturmodell 17.3 handelt es sich also um eine Gruppe von Korrekturmodellen. Ebenso ist
- 20 jeder Eingangsgröße $u_{17.3i}$ eine Ausgangsgröße $y_{17.3i}$ des Korrekturmodells 17.3 zugeordnet. Die Korrekturwerte beziehungsweise der Korrekturwert $y_{17.3i}$ werden an einem Verknüpfungspunkt 17.2 zu der Basisabkühlung $y_{17.1}$ unter Bildung einer korrigierten Abkühlung $y_{17.2}$ addiert. Anstelle einer Addition kann
- 25 an der Verknüpfungsstelle auch eine Multiplikation stattfinden, wenn dies vorteilhaft erscheint. Die korrigierte Abkühlung $y_{17.2}$ wird an der Verknüpfungsstelle 17.6 von der aktuellen Abgastemperatur unter Bildung einer Abgastemperatur $y_{17.6}$ mit berücksichtigter Kühlung in der Rückführung subtrahiert.
- 30 Die Temperaturgröße $y_{17.6}$ wird zur Dynamikkorrektur dem Filterblock 17.5 zugeführt, um bei der Bildung der Abgasrückführtemperatur T_{AGR} einen realistischen Verlauf zu erhalten. Durch die gewählte Modellstruktur des Abgasrückführmodells 17 und die verwendeten abgasrückführtemperaturrelevanten Ein-
- 35 gangsgrößen u_{17i} gelingt es die Phänomenologie eines in einer Abgasrückführleitung vorgesehenen Kühlers wiederzugeben.

Die Fig. 6 stellt ein Blockschaltbild eines Gesamtmodells zur Bestimmung eines Luftaufwands bzw. ein Luftaufwandsmodell 18 dar. In dem Luftaufwandsmodell 18 wird aus einer Kraftstoffmenge $m_{\text{Kraftstoff}}$, einer Drehzahl des Verbrennungsmotors n und den Eingangsgrößen $u_{18.3i}$ ein Luftaufwand η ermittelt. Die Eingangsgrößen $u_{18.1}$ des Funktionsblocks 18 der Fig. 2 umfassen die Kraftstoffmenge $m_{\text{Kraftstoff}}$, die Drehzahl n und die Eingangsgrößen $u_{18.3i}$.

- 10 Die Kraftstoffmenge $m_{\text{Kraftstoff}}$ wird in einem Filterblock 18.5 unter Bildung einer gefilterten Kraftstoffmenge $y_{18.5}$ gefiltert. Die gefilterte Kraftstoffmenge $y_{18.5}$ und die Drehzahl n stellen die Eingangsgrößen zu einem Basismodell 18.1 dar, welches der Ermittlung eines Basisluftaufwands $y_{18.1}$ dient.
- 15 Bei dem Basismodell 18.1 handelt es sich vorzugsweise um ein Luftaufwandskennfeld, welches über die Drehzahl n und die Kraftstoffmenge $m_{\text{Kraftstoff}}$ aufgespannt wird, wobei die Abhängigkeit von der Drehzahl n einen Strömungseffekt, und die Abhängigkeit von der Kraftstoffmenge einen thermischen Effekt darstellt. Um diesen thermischen Effekt besser nachzubilden,
- 20 wird die Kraftstoffmenge $m_{\text{Kraftstoff}}$ bevorzugterweise vor Eintritt in das Basismodell 18.1 in dem Filterblock 18.5 gefiltert. Die Filterung erfolgt vorzugsweise durch ein Verzögerungsglied erster Ordnung. Der Basisluftaufwand $y_{18.1}$ wird an einem Verknüpfungspunkt 18.2 mittels eines Korrekturwerts $y_{18.3i}$ korrigiert. Bei der Bildung des Korrekturwerts bzw. der Korrekturwerte $y_{18.3i}$ wird die Abweichung der Eingangsgrößen $u_{18.3i}$ von vordefinierten Referenz- bzw. Initialzuständen bzw. Referenzeingangsgrößen $u_{18.3i0}$ berücksichtigt. Diese Abweichung
- 25 ist vorzugsweise als Differenz zwischen Eingangsgrößen $u_{18.3i}$ und Initialgrößen $u_{18.3i0}$ definiert. Die Referenzeingangsgrößen $u_{18.3i0}$ werden vorzugsweise in einem Referenzgrößenmodell 18.4 ermittelt, welches die Drehzahl n und die Kraftstoffmenge $m_{\text{Kraftstoff}}$ als Eingangsgrößen aufweist. Bei dem Referenzgrößenmodell 18.4 handelt es sich vorzugsweise um ein Kennfeld, das über der Kraftstoffmenge $m_{\text{Kraftstoff}}$ und der Drehzahl n aufgespannt ist.
- 30
- 35

Die Eingangsgrößen $u_{18.31}$ umfassen vorzugsweise eine Kühlwassertemperatur des Verbrennungsmotors und eine Mischtemperatur, welche in einem vorhergegangenen, vorzugsweise in dem letzten, Rechenschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens in dem Funktionsblock 14 der Fig. 2 ermittelt worden ist. Bei der Mischtemperatur handelt es sich um die Temperatur, welche das Gasgemisch nach Zuführung des rückgeführten Abgases und vor Eintritt in einem Ansaugtrakt 4 (siehe Fig. 1) in den Verbrennungsmotor aufweist. Sowohl die Mischtemperatur als auch die Kühlwassertemperatur stellen eine thermische Beeinflussung des Luftaufwands dar, da der Luftaufwand das Verhältnis aus realer Frischgasmenge in einem Zylinder des Verbrennungsmotors zur theoretisch möglichen Frischgasmenge bezogen auf eine Referenzstelle, vorzugsweise die Mischstelle von Frischgas bzw. Frischluft und rückgeführtem Abgas, darstellt. Die reale Gasgemischmenge wird durch die Strömungsverluste zwischen Mischstelle und Zylinder, durch Aufheizung bzw. Abkühlung des Gasgemisches aufgrund umgebender Bauteile beeinflusst. Die Aufheizung bzw. Abkühlung des Gasgemisches aufgrund der umgebenden Bauteile führt zu einem Dichteverlust bzw. zu einer Dichteerhöhung des Gasgemisches.

Das Korrekturmodell 18.3 enthält je ein Modell bzw. je ein Kennfeld je Eingangsgröße $u_{18.31}$. Ebenso ist jeder Eingangsgröße $u_{18.31}$ eine Ausgangsgröße bzw. ein Korrekturwert $y_{18.31}$ zugeordnet. An einer Verknüpfungsstelle 18.2 wird der Korrekturwert bzw. werden die Korrekturwerte $y_{18.31}$ zu dem Basisluftaufwand $y_{18.1}$ unter Bildung des aktuellen Luftaufwands η addiert. Bei der Verknüpfungsstelle 18.2 kann es sich auch um eine Multiplikationsstelle handeln, wenn dies vorteilhaft erscheint.

In dem Luftaufwandsmodell 18 wird der aktuelle Luftaufwand ausgehend von einem Basisluftaufwand $y_{18.1}$ errechnet. Alternativ läßt sich der aktuelle Luftaufwand η auch anhand der eingangs erwähnten Luftaufwandsgleichung

$$\eta = \frac{m_{\text{Luft}} \cdot T \cdot R}{p \cdot V_h},$$

aus den Größen Frischgasmenge m_{Luft} , Ladedruck p und Frisch-
5 gastemperatur T berechnen, wobei R die individuelle Gaskon-
stante und V_h das Hubvolumen des Verbrennungsmotors darstel-
len. Die Berechnungsmethoden sind mathematisch äquivalent. Die
Berechnung ausgehend von einem Basisluftaufwand bietet den
Vorteil, dass nur ein Wert, nämlich der Luftaufwand, bei ei-
10 ner Abweichung vom Referenzzustand anstelle von drei Werten
(Druck, Temperatur und Frischgasmenge) korrigiert werden muß.

DaimlerChrysler AG

Dr. Fischer

10.09.2002

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Abgasrückführmenge für einen Verbrennungsmotor mit Abgasrückführung,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass die Abgasrückführmenge (r_{AGR} , m_{AGR}) aus einer Abgas-
temperatur (T_{Abgas}), aus einer Frischgastemperatur (T_{Luft2}),
aus einer Frischgasmenge (m_{Luft}) und/oder einem Luftauf-
wand (η) ermittelt wird, und die Frischgastemperatur
10 (T_{Luft2}) durch ein Frischgastemperaturmodell (15) ermit-
telt wird, das adaptiv an frischgastemperaturrelevante
Einflussparameter angepasst wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass der ermittelte Wert der Frischgastemperatur (T_{Luft2})
oder zumindest ein Teil des ermittelten Wertes der
Frischgastemperatur ($y_{15.5}$) gefiltert wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass die Abgastemperatur (T_{Abgas}) durch ein Abgastempera-
turmodell (16) ermittelt wird, das adaptiv an abgastempe-
raturrelevante Einflussparameter angepasst wird.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 3,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass der ermittelte Wert der Abgastemperatur (T_{Abgas}) oder
zumindest ein Teil des ermittelten Wertes der Abgastempe-
30 ratur gefiltert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass eine Temperatur des rückgeführten Abgases (T_{AGR}) aus
5 der Abgastemperatur (T_{Abgas}) mittels eines Abgasrückführ-
modells (17) ermittelt wird, das adaptiv an Einflusspara-
meter angepasst wird, die relevant für die Temperatur des
rückgeführten Abgases (T_{AGR}) sind.

10 6. Verfahren nach Anspruch 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Temperatur des rückgeführten Abgases (T_{AGR}) oder
zumindest ein Teil der Temperatur des rückgeführten Abga-
ses gefiltert wird.

15 7. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Luftaufwand (η) durch ein Luftaufwandmodell (18)
ermittelt wird, das adaptiv an luftaufwandrelevante Ein-
flussparameter angepasst wird.
20

25 8. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass bei der Bestimmung des Luftaufwands (η) ein ermit-
telter Wert einer Kraftstoffmenge ($m_{Kraftstoff}$) gefiltert
wird.

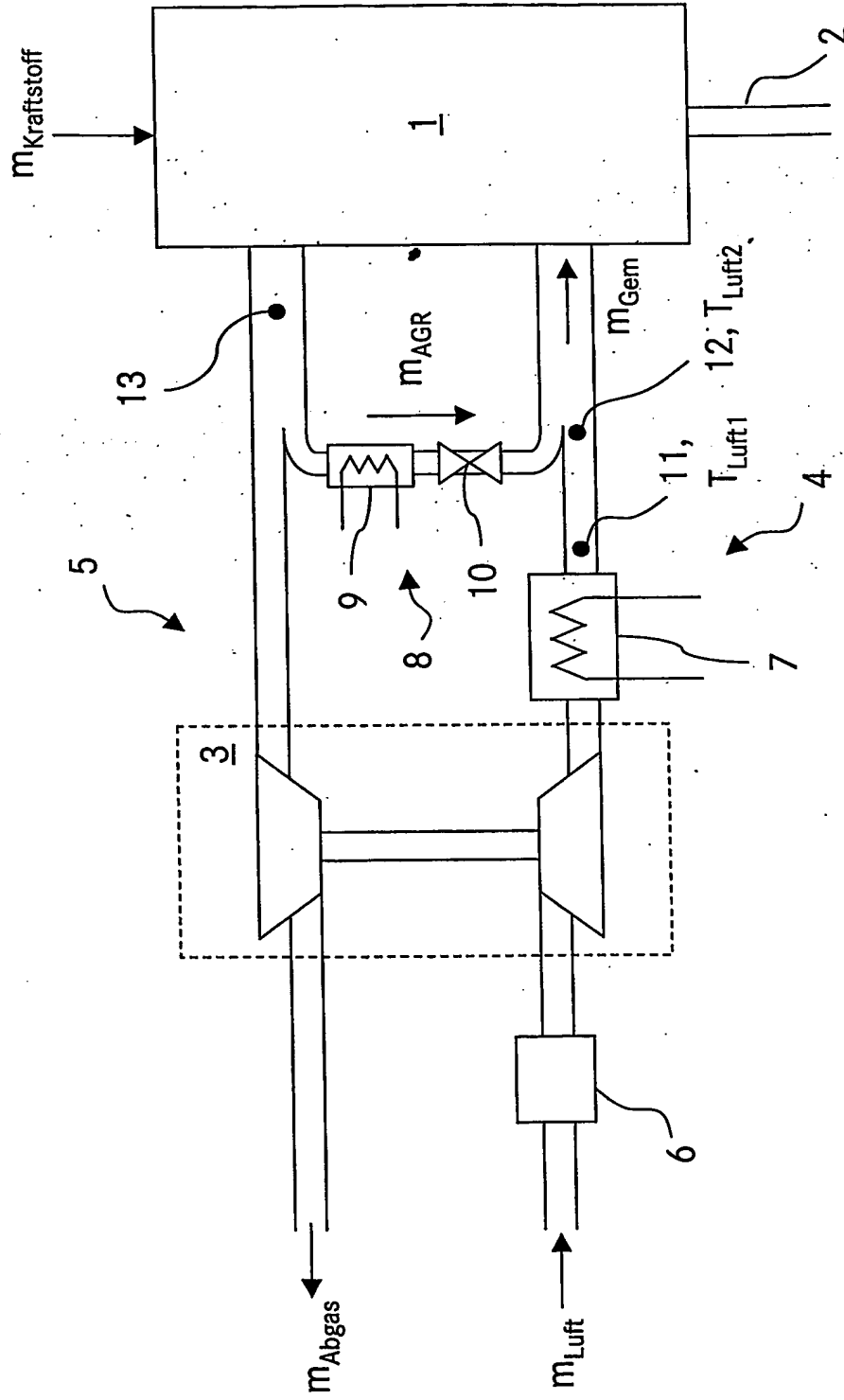


Fig. 1

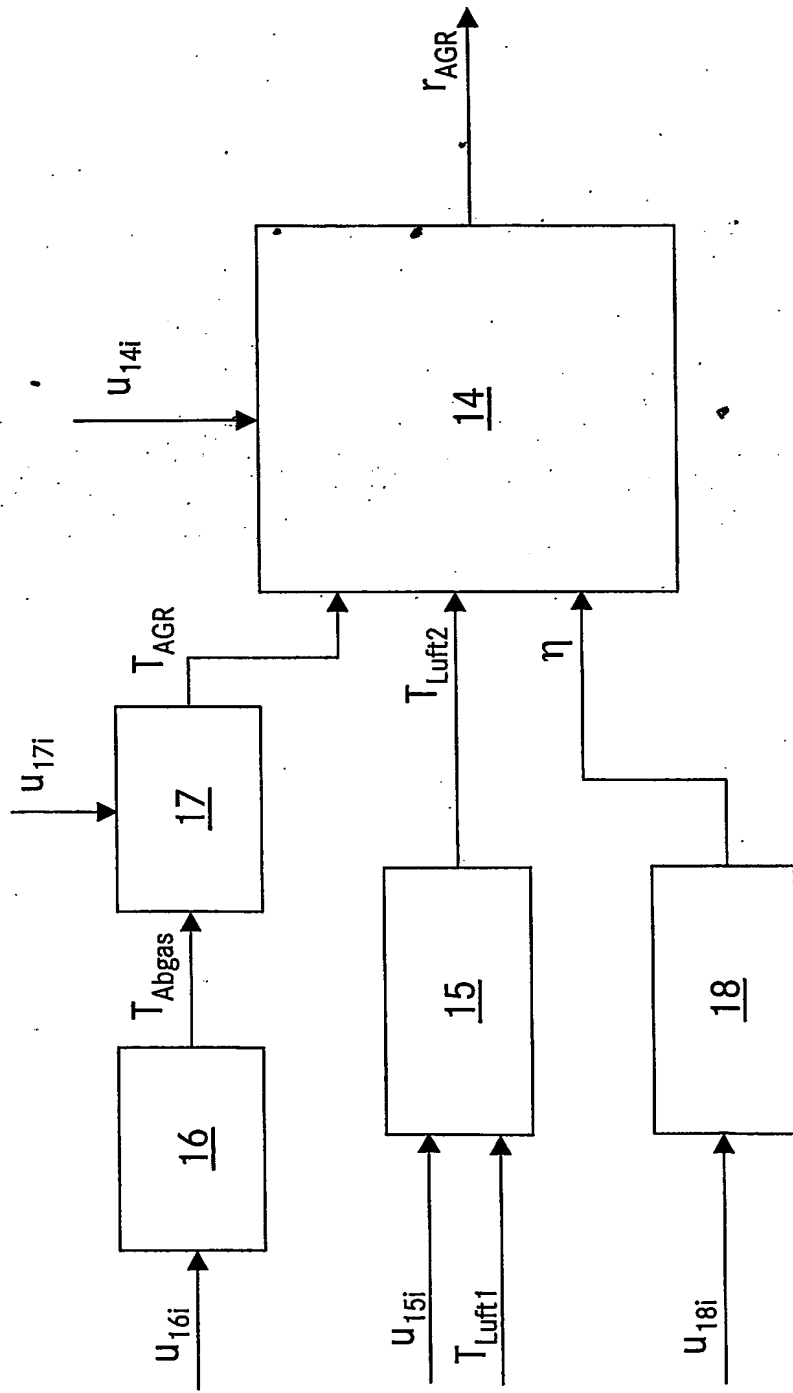


Fig. 2

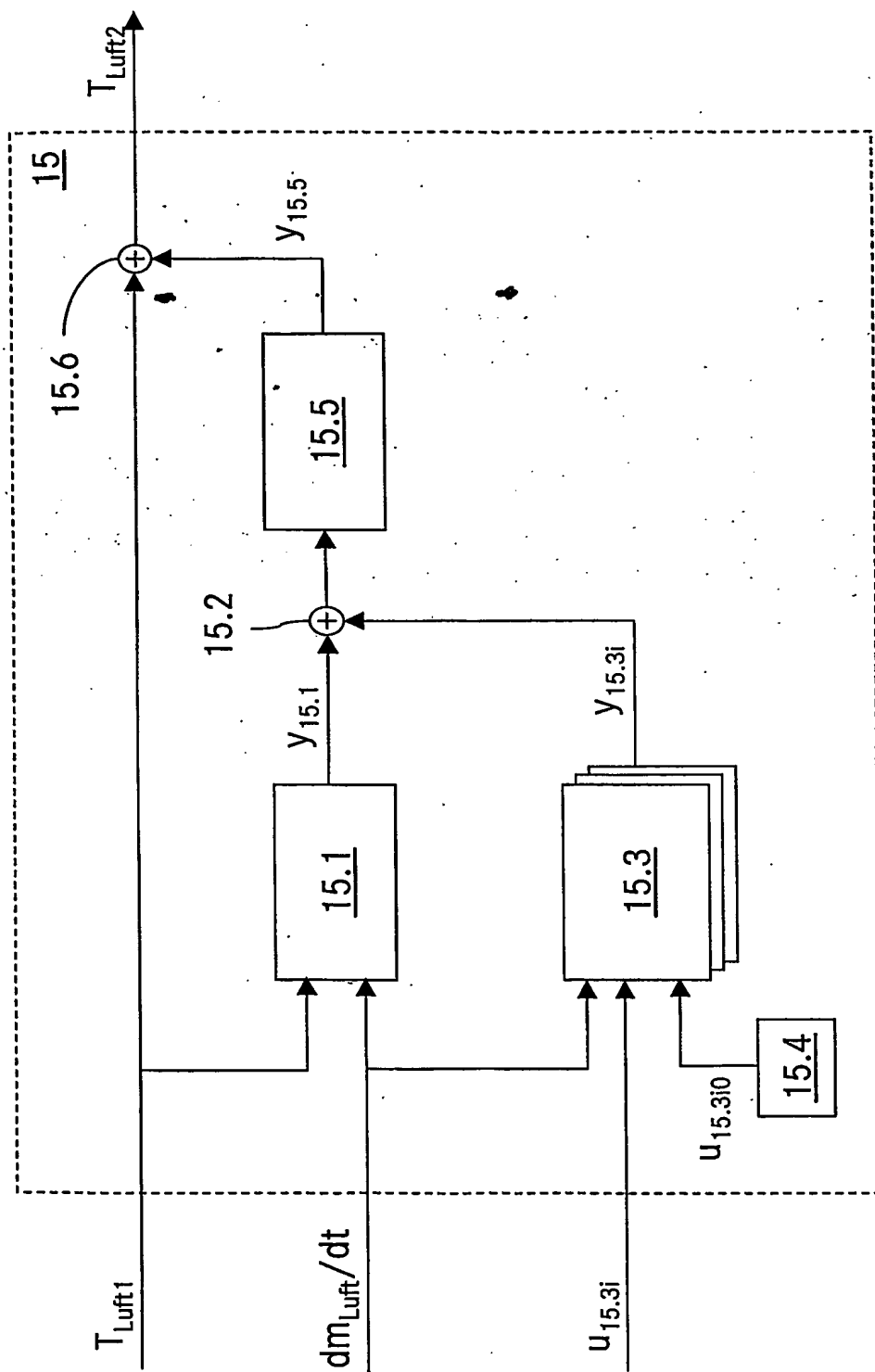


Fig. 3

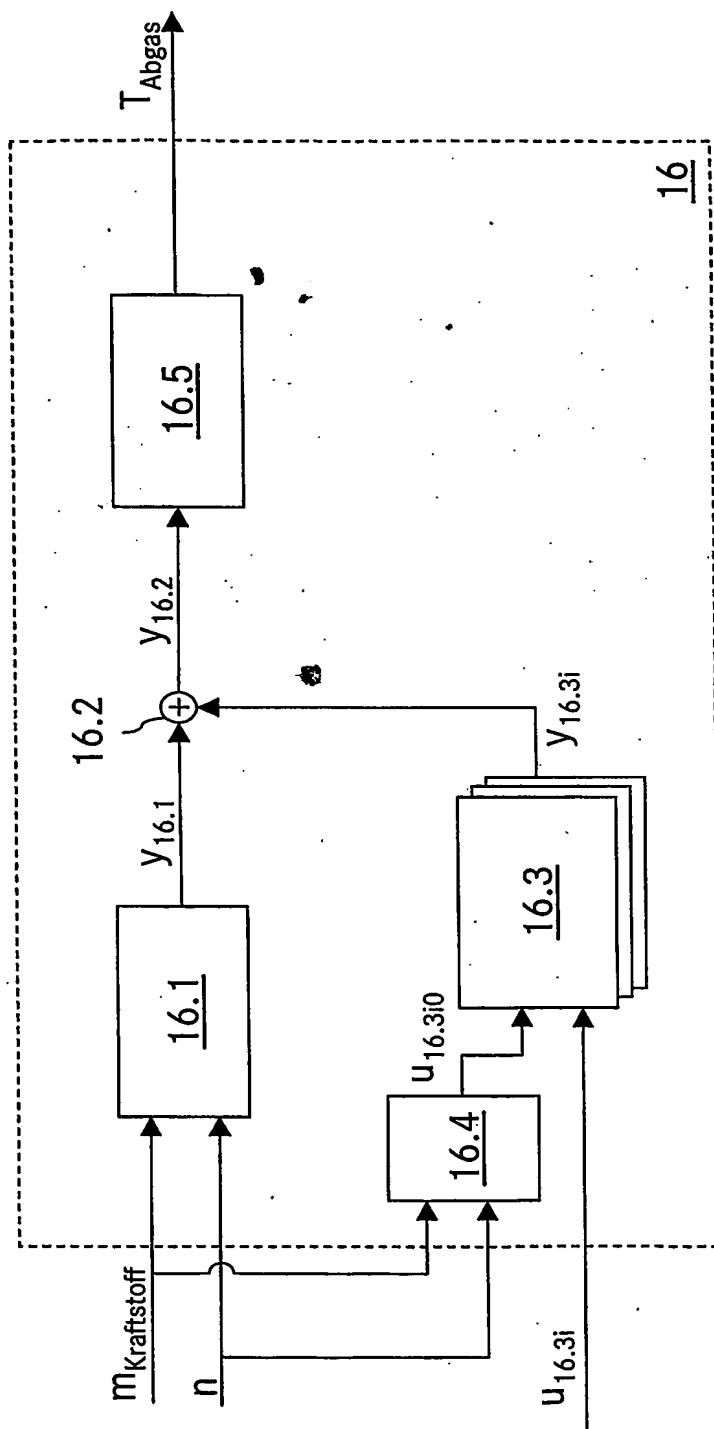


Fig. 4

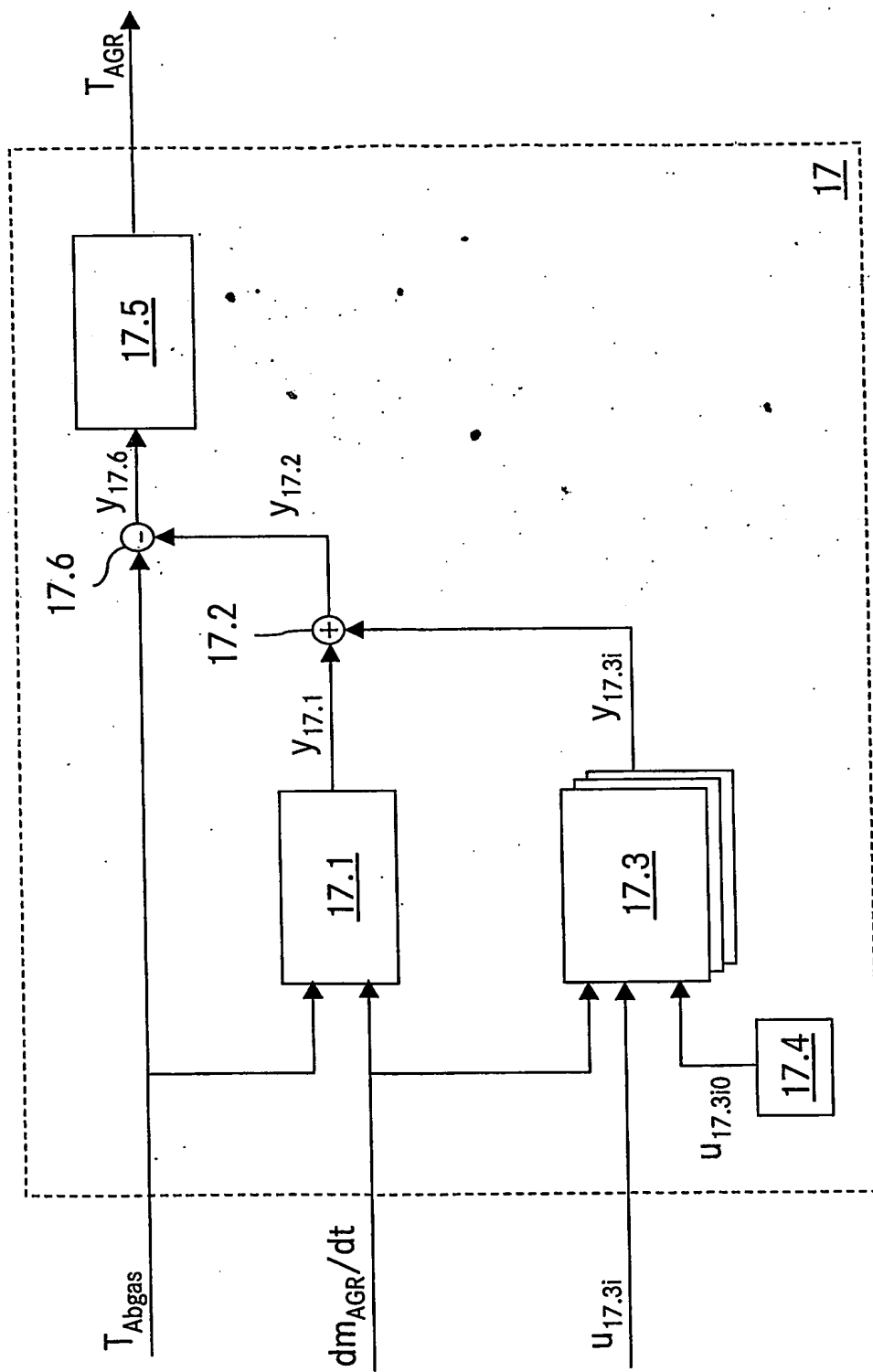


Fig. 5

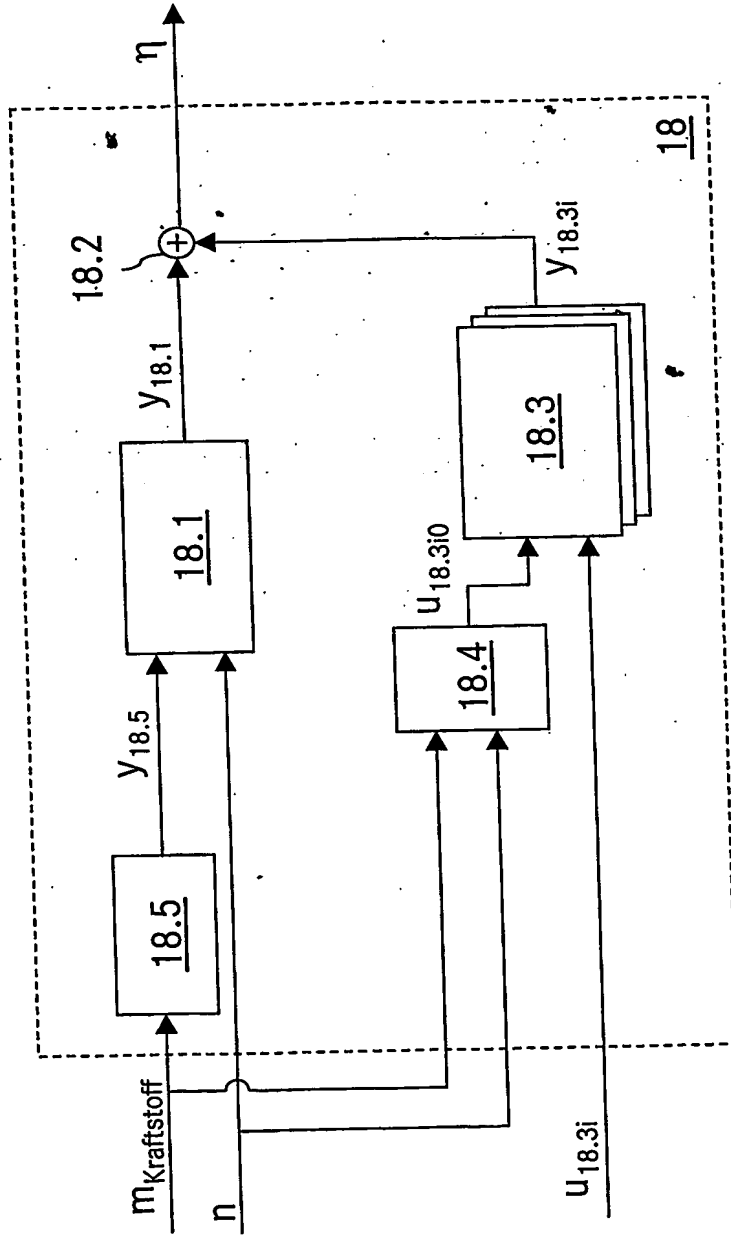


Fig. 6

DaimlerChrysler AG

Dr. Fischer

10.09.2002

Zusammenfassung

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Abgasrückführmenge für einen Verbrennungsmotor mit Abgasrückführung, wobei die Abgasrückführmenge (r_{AGR} , m_{AGR}) aus einer Abgastemperatur (T_{Abgas}), aus einer Frischgastemperatur (T_{Luft2}), aus einer Frischgasmenge (m_{Luft}) und/oder einem Luftaufwand (η) ermittelt wird, und die Frischgastemperatur (T_{Luft2}) durch ein Frischgastemperaturmodell (15) ermittelt wird, das adaptiv an frischgastemperaturrelevante Einflussparameter angepasst wird.

15 (Fig. 2)

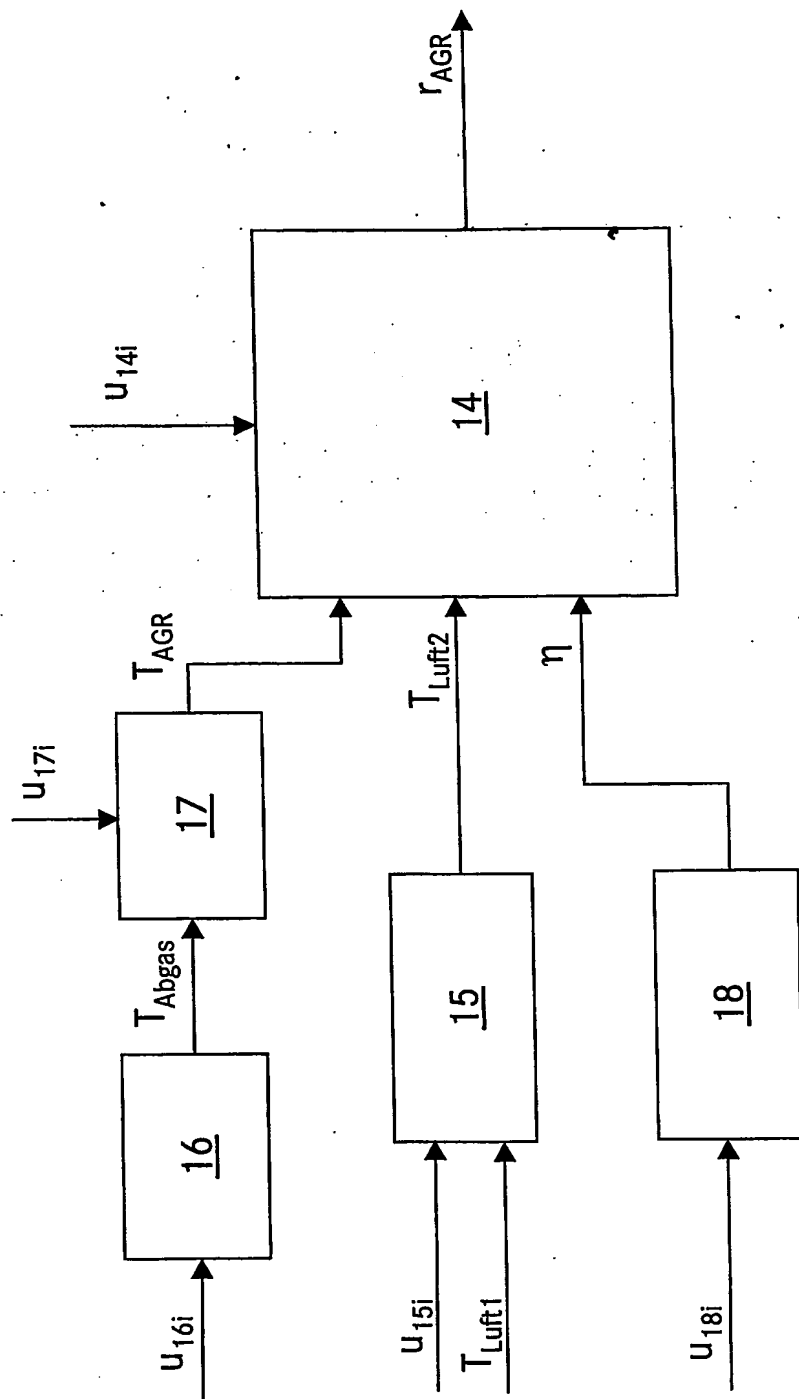


Fig. 2